



Hurwitz-Gesellschaft

zur Förderung der Mathematik an der TU München

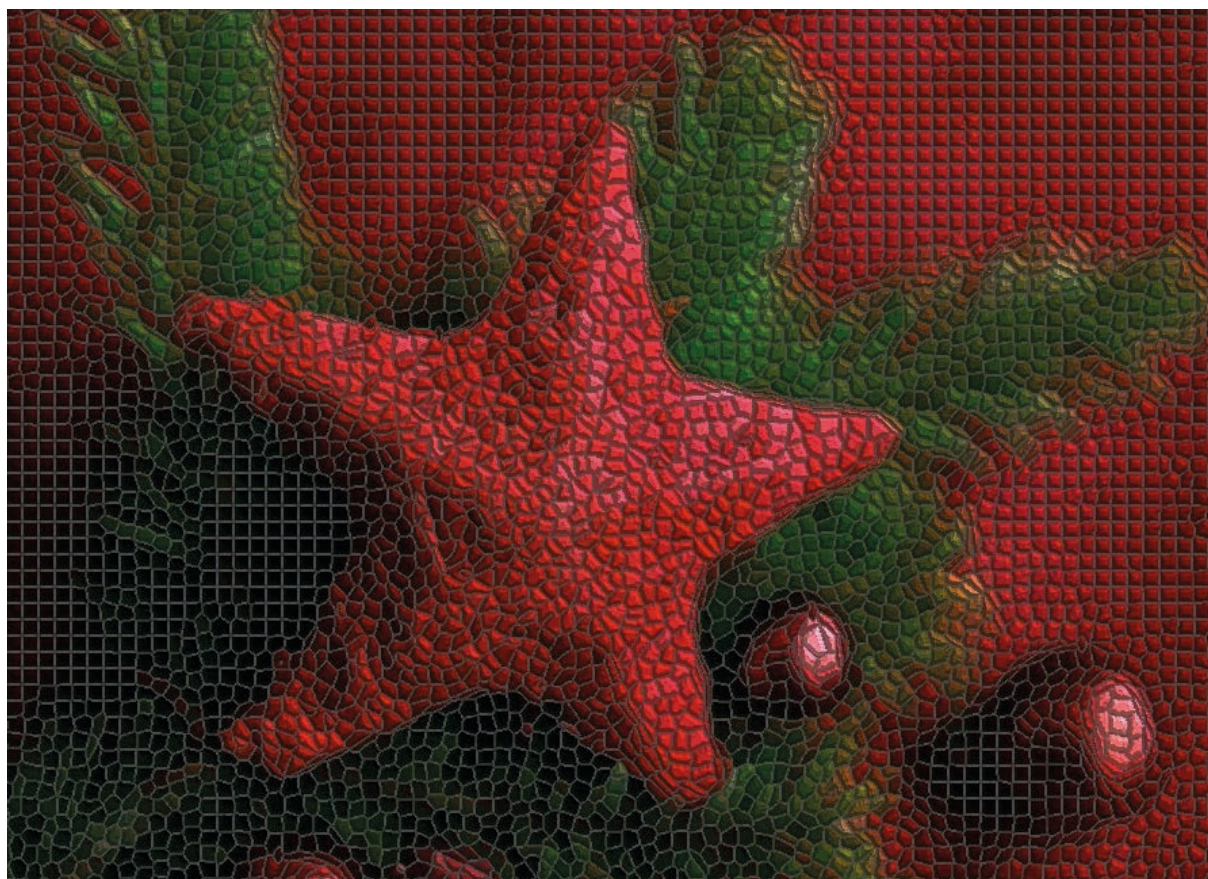


1. Vors. Prof. Dr. Jürgen Scheurle
Zentrum Mathematik • TU München • 85747 Garching bei München

Tel: (089) 289-18305
Fax: (089) 289-18308
Email: hurwitz@ma.tum.de

Bankverbindung: Hurwitz-Gesellschaft der TU München
Kreissparkasse München Starnberg: Kto.Nr. 105 385 28, BLZ: 702 501 50
IBAN: DE91 7025 0150 0010 5385 28, BIC: BYLADEMIKMS

Jahrbrief 2021



Liebe Freunde und Mitglieder, der Vorstand der Hurwitz-Gesellschaft wünscht Ihnen ein erfolgreiches Neues Jahr 2022 in Frieden und Gesundheit.

Vorwort des Vorstandes

Liebe Mitglieder,
Liebe Freunde der Hurwitz-Gesellschaft,

wie gewohnt erhalten Sie zum Jahresanfang anbei den üblichen Jahrbrief. Wir sind froh, in dieser herausfordernden Zeit wenigstens auf diese Weise Kontakt zu unseren Mitgliedern und Freunden halten zu können. Lange Zeit hatten wir gehofft, die Mitgliederversammlung heuer wieder wie gewohnt im Februar abhalten zu können. Angesichts der aktuellen Entwicklung des Infektionsgeschehens und der erneut sehr komplexen Vorgaben bei der Organisation von Präsenzveranstaltungen entschlossen wir uns nach reiflicher Überlegung aber letztlich dazu, vom gewohnten Termin im Februar abzusehen und die Mitgliederversammlung auf den kommenden Sommer zu verschieben. Für diese Entscheidung bitten wir um Verständnis. Über den Ersatztermin informieren wir Sie rechtzeitig. Die Erfahrungen der letzten Jahre lassen einen Termin im Sommer 2022 als realistisch erscheinen. Wir freuen uns darauf, Sie dann von Angesicht zu Angesicht und gesund wiederzusehen. Die Gesundheit unserer Mitglieder und Freunde hat für uns oberste Priorität.

Leider hatten wir im Jahr 2021 auch wieder den Tod von Mitgliedern zu beklagen. Am 02. Februar verstarb Herr Dr. Frank Heymann und am 11. Oktober Herr Prof. Dr. Frank Eckstein. Beide waren Gründungsmitglieder. Die Hurwitz-Gesellschaft wird ihnen stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Die diesjährige Ausgabe des Jahrbriefs leitet der Bericht zu den Aktivitäten der Hurwitz-Gesellschaft im Jahr 2021 ein mit einer Auflistung wichtiger Eckdaten der Fakultät sowie einem Kommentar zur Erstellung des Bildes auf der Jahrbrief-Vorderseite durch Herrn Dr. Andreas Alpers (University of Liverpool). Frau Barbara Kraus (Communication Managerin der Fakultät für Mathematik an der TUM) fasst anschließend einige der herausragenden Forschungsleistungen von Angehörigen der Fakultät aus der jüngsten Zeit zusammen. Abschließend berichten Herr Dr. Florian Lindemann, Herr Dr. Johannes Pfefferer und Herr Dr. Michael Ritter über „Fallstudien der diskreten Optimierung“ und „Fallstudien der nichtlinearen Optimierung“. Für all diese Beiträge bedanken wir uns vielmals.

Elektronisch führte Herr Prof. Dr. Gero Friesecke die Tradition der Weihnachtsvorlesung fort, indem er virtuell zum Thema „Von Fourier bis Lady Gaga. Ein mathematischer Streifzug durch die Welt der Audiodateien“ referierte:

<https://www.youtube.com/watch?v=IQJ1mXT92eY>

Wir freuen uns mit Frau Prof. Dr. Eva Viehmann über ihre Wahl zum Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, mit Herrn Prof. Dr. Dr. Jürgen Richter-Gebert über seine Auszeichnung mit dem Communicator Preis 2021 der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) und Herrn Prof. Dr. Fabian J. Theis über seine Auszeichnung mit dem Hamburger Wissenschaftspreis. Außerdem freuen wir uns mit Frau Dr. Nada Sissouno über ihre Auszeichnung mit dem „Preis für gute Lehre“ an staatlichen Universitäten in Bayern. Allen einen ganz herzlichen Glückwunsch!

Im Jahr 2022 kann die „Hurwitz-Gesellschaft zur Förderung der Mathematik an der TU München e.V.“ auf 25 Jahre seit ihrer Gründung im November 1997 zurückblicken. Mittels ihrer

Projekte wurde in dieser Zeit viel für die Mathematik an unserer Universität und zur Unterstützung unserer Studierenden erreicht. So werden unter anderem öffentliche Vorträge zur Mathematik und ihrer Geschichte sowie das jährlich stattfindende Ferienseminar für Studierende ab dem 4. Semester veranstaltet. Die besten Absolventinnen und Absolventen der Fakultät eines jeden Studienhalbjahres werden mit der Verleihung eines Buchpreises gewürdigt. Weitere Informationen sind auf unserer Website unter

<https://www.ma.tum.de/de/fakultaet/hurwitz-gesellschaft.html>

zu finden. Die Projekte der Hurwitz-Gesellschaft werden durch die Mitgliedsbeiträge und einige großzügige Geldspenden ermöglicht. Dafür bedanken wir uns an dieser Stelle sehr herzlich und bitten Sie als Mitglieder und Förderer, der Hurwitz-Gesellschaft weiterhin verbunden zu bleiben.

Es ist zu wünschen, dass es die Lage der Pandemie im Herbst zulassen wird, das 25-jährige Jubiläum des Bestehens der Hurwitz-Gesellschaft im Rahmen einer Präsenzveranstaltung angemessen zu feiern. Hoffen wir das Beste!

Wir wünschen Ihnen nun viel Freude bei der weiteren Lektüre dieses Jahrbriefs sowie Ihnen und Ihren Familien alles Gute im Jahr 2022. Bleiben Sie vor allem gesund und zuversichtlich!

Herzlichst
Ihre

J. Scheuple F. Bopp F. Hoffmann H.-P. Künze

Kurzbericht des Vorstandes

Wie viele andere Vereine mussten auch wir, aufgrund der außergewöhnlichen Pandemie-Lage und der damit einhergehenden besonderen Schutzmaßnahmen, unsere Mitgliederversammlung im Februar 2021 bis auf weiteres verschieben. Themen und Beschlussvorlagen, die für diese Mitgliederversammlung anstanden, werden in die Tagesordnung der Mitgliederversammlung 2022 integriert.

Zum Ende des Jahres 2021 zählte die Hurwitz-Gesellschaft 172 Mitglieder.

Aufgrund der Pandemie-Lage fielen viele Veranstaltungen, wie z.B. die Absolventen-Verabschiedungen der Fakultät für Mathematik, aus. Auch nahmen Online-Lehrveranstaltungen wieder einen großen Raum ein. Das Sommersemester 2021 war de facto ein reines Online-Semester. Wie letztes Jahr konnte die Hurwitz-Gesellschaft durch die Finanzierung des Drucks und Versands von Skripten und Prüfungsprotokollen die Fakultät und unsere Studierenden unterstützen.

Unter strengen Hygiene-Auflagen und zur sehr großen Freude aller Teilnehmer war es uns möglich, unser Ferienseminar vom 06. bis 10. September 2021 wieder als Präsenzveranstaltung in den Räumlichkeiten des TUM-Akademiezentrum Raitenhaslach stattfinden zu lassen. Als verantwortliche Dozenten nahmen daran Frau Prof. Dr. Claudia Scheimbauer und Herr Prof. Dr. Gregor Kemper teil. Beiden gilt für ihr Engagement unser herzlicher Dank.

Details sowie Hinweise auf weitere Veranstaltungen der Hurwitz-Gesellschaft sind zu finden unter:

<https://www.ma.tum.de/de/fakultaet/hurwitz-gesellschaft.html>

Im Jahr 2022 steht unserer Fakultät eine große Umstrukturierung im Rahmen der Exzellenzinitiative an der TUM bevor. Schon seit Frühjahr 2020 arbeiten die drei Fakultäten Mathematik, Informatik sowie Elektro- und Informationstechnik an den Vorbereitungen zur Gründung der gemeinsamen „School of Computation, Information and Technology (SoCIT)“ mit den vier Departments Mathematics, Computer Science, Computer Engineering und Electrical Engineering. Zum 1. Oktober 2021 wurde ein wichtiges Etappenziel erreicht. Die SoCIT startete als eine so genannte „School in Gründung“. Damit begann das Übergangsjahr, und das Übergangsjahr nahm seine Arbeit auf (Transition Board of Deans, Transition Board of Study Deans, Transition School Council). Die gewählten Fachbereichsräte blieben weiterhin im Amt und behalten im Übergangsjahr ihre bisherige Funktion.

Das Übergangsjahr endet mit dem offiziellen Start der SoCIT am 1. Oktober 2022. Im Zuge der im Juli 2022 anstehenden allgemeinen Hochschulwahlen werden in Vorbereitung auf den endgültigen Start Gremien gewählt und Ämter besetzt.

Eckdaten der Fakultät für Mathematik 2021

Personalien

Neuberufene Professorinnen und Professoren:

- Prof. Dr. Blanka Horvath (Finanzmathematik)

Als Privat-Dozenten neu ernannt wurden:

- Dr. Paul Jonas Hamacher (Algebraische Geometrie)
- Dr. Bernardo González Merino (Differentialgeometrie)



Blanka Horvath

Absolventenzahlen

2021 konnten insgesamt 126 Master- und 199 Bachelor-Studierende sowie 20 frisch gebackene Doktores unserer Fakultät ihren Abschluss erhalten. Außerdem gab es eine Habilitation.

Zum Bild auf der Jahrbrief-Vorderseite

Dr. Andreas Alpers
University of Liverpool

Das Bild auf der Vorderseite dieses Jahrbriefs, das zusammen mit Yue Zhai erstellt wurde, zeigt ein Weihnachtsmotiv dem wir künstlich einen Mosaik-Effekt hinzugefügt haben. Wir erzielen diesen Mosaik-Effekt im Wesentlichen indem wir das Bild mittels linearer Optimierung in ein sogenanntes verallgemeinertes, balanciertes Powerdiagramm (engl. abgekürzt GBPD) aufteilen. Es sind genau die Zellen P_1, \dots, P_n dieses Diagramms, die als Mosaikstrukturen im Bild sichtbar sind.

Die Zellen P_1, \dots, P_n von GBPDs werden durch Vorgabe von drei Parametersätzen spezifiziert, den Zellzentren $s_1, \dots, s_n \in \mathbf{R}^2$, den Gewichten $\sigma_1, \dots, \sigma_n \in \mathbf{R}$ und den ellipsoidalen Normen $\|\cdot\|_{A_1}, \dots, \|\cdot\|_{A_n}$. Die Zelle P_i , $i = 1, \dots, n$, besteht dann aus den Punkten (bzw., auf diskreter Ebene, den Pixeln) x , für die gilt

$$\|x - s_i\|_{A_i}^2 - \sigma_i \leq \|x - s_j\|_{A_i}^2 - \sigma_j \quad \forall j \neq i$$

GBPDs verallgemeinern die klassischen Voronoi-Diagramme. Letztere erhält man, wenn alle Gewichte $\sigma_1, \dots, \sigma_n$ gleich Null und die ellipsoidalen Normen gleich der euklidischen Norm gesetzt werden. Im Gegensatz zu den linearen Zellrändern in Voronoi-Diagrammen werden die Zellränder in GBPDs durch quadratische Gleichungen beschrieben. GBPDs eignen sich gut zur Modellierung von polykristallinen Materialien, wie Metallen, Keramiken und Gesteinsstrukturen.



Andreas Alpers

Preise und Ehrungen für Mitglieder & Alumni der Fakultät

Preise und Ehrungen

- *Ernennung zum Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina*: Prof. Dr. Eva Viehmann
- *Communicator Preis 2021 der DFG*: Prof. Dr. Dr. Jürgen Richter-Gebert
- *Hamburger Wissenschaftspreis*: Prof. Dr. Fabian J. Theis
- *„Preis für gute Lehre“ an staatlichen Universitäten in Bayern*: Dr. Frau Nada Sissouno

Preise und Ehrungen durch die Fachschaft Mathematik/ Informatik/ Physik der TUM

- *„Goldener Zirkel“ für das beste digitale Konzept*
(Wintersemester 2020/ 21): Prof. Dr. Gritzmann, Frau Kirschbaum und Herr Fiedler
(Linear and Convex Optimization)
- *„Goldener Zirkel“ für die beste innovative Nutzung technischer Möglichkeiten*
(Wintersemester 2020/ 21): Prof. Dr. Hoffmann (Differentialgeometrie: Grundlagen),
Prof. Dr. Dr. Richter-Gebert (Projektive Geometrie)
- *„Goldener Zirkel“ für die beste digitale Kommunikation und Betreuung*
(Wintersemester 2020/ 21): Servicebüro Mathematik
- *„Goldener Zirkel“ für die beste Grundlagenvorlesung*
(Sommersemester 2021): Prof. Dr. Dr. Richter-Gebert, Herr Dr. Werner und Frau
Polke (Geometriekalküle)
- *„Goldener Zirkel“ für die beste Vertiefungsvorlesung*
(Sommersemester 2021): Prof. Dr. Weltge
(Polyhedral Combinatorics)
- *„Goldener Zirkel“ für den besten Übungsbetrieb*
(Sommersemester 2021): Frau Dr. Fernandez (Insurance Mathematics)

Klimawissenschaft, theoretische Physik, Elektrotechnik und Biomedizin: Die Wissenschaftler*innen der Fakultät für Mathematik forschen in vielen Bereichen. Wir stellen Ihnen einige Highlights aus dem Jahr 2021 vor.

Ob Klimawandel oder Pandemie – in vielen physikalischen Modellen treten an einem kritischen Übergang explosive Phänomene auf. Das bedeutet, ab einem gewissen Punkt geht der Grundzustand in einen neuen Zustand über. Christian Kühn, Professor für Mehrskaligkeit und stochastische Dynamik, und Dr. Christian Bick, von der Vrije Universiteit Amsterdam und Hans Fischer Fellow am Institute for Advanced Study (IAS) der Technischen Universität München, haben an solchen sogenannten Kipppunkten eine universelle mathematische Struktur entdeckt. Sie bildet die Grundlage für ein besseres Verständnis für das Verhalten von vernetzten Systemen.



Barbara Kraus

Kipppunkte: Wann wird es kritisch?

Alle kritischen Veränderungen von vernetzten Systemen haben einen Kipppunkt, an dem sich das System vom Grundzustand wegbewegt und in einen neuen Zustand übergeht. Dabei kann es sich um einen weichen, leicht umkehrbaren oder einen harten, schwer umkehrbaren Übergang handeln, an dem der Systemzustand sich sprunghaft oder „explosiv“ ändert. So kann die Ausbreitung eines neuen Krankheitserregers je nach Infektionsrate entweder natürlich zum Erliegen kommen oder sprunghaft ansteigen und langfristig in der Bevölkerung zirkulieren. Im Klimawandel sind solche Übergänge etwa für das Schmelzen des Polareises bekannt. Ein harter Kipppunkt hätte in einigen Fällen – wie dem Klimawandel – sehr negative Auswirkungen, in anderen Systemen wäre er hingegen wünschenswert. In mathematischen Modellen führen Forschende daher neue Parameter oder Bedingungen ein, um die Art des Übergangs zu beeinflussen. „Man variiert zum Beispiel noch einen zweiten Parameter, etwa, dass in einer Pandemie die Personen ihr Verhalten anpassen“, sagt Kühn. Dadurch kann sich der Übergang von hart nach weich oder umgekehrt verändern.

Universelle Gleichung für explosive Phänomene

Kühn und Bick untersuchten Modelle vernetzter Systeme aus verschiedenen Disziplinen. Dabei erkannten sie, dass sehr viele mathematische Strukturen, die den Kipppunkt betreffen, in den Modellen ähnlich aussehen. Sie reduzierten das Problem auf die einfachste mögliche Gleichung und beschrieben damit einen neuen Kernmechanismus. Dieser ermöglicht es, zu berechnen, ob es in einem vernetzten System einen weichen oder harten Kipppunkt geben wird. „Wir stellen ein mathematisches Werkzeug bereit, das universell [...] angewandt werden kann und unabhängig vom speziellen Anwendungsfall funktioniert“, sagt Kühn. Damit sind mathematische Werkzeuge für Kipppunkte gerade erst am Beginn ihrer Entwicklung. Insbesondere in komplexen Systemen sind viele mathematische Fragen noch offen. Denn dabei spielen neben klassischen Netzwerkstrukturen auch stochastische Einflüsse, Kopplung über höher-dimensionale geometrische Strukturen oder nicht-lokale Kopplung in Ort und Zeit eine Rolle.

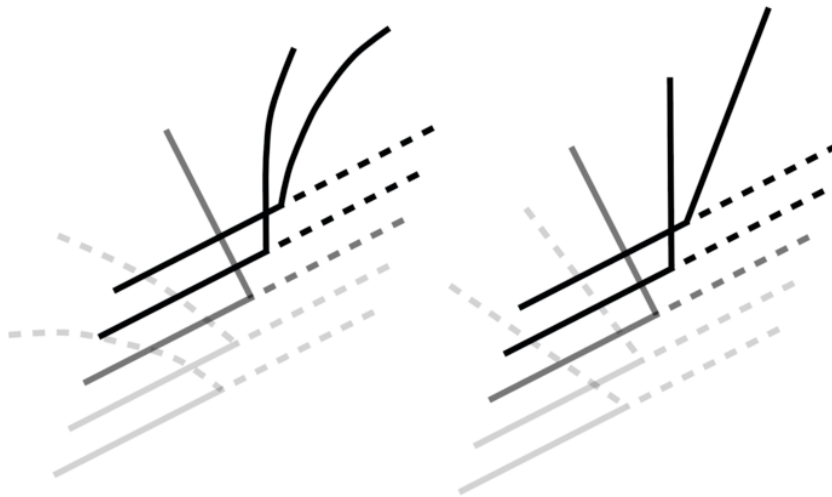


Abbildung 1: © Prof. C. Kühn. Links: Skizze für die Variation einer Pitchfork-Bifurkation für den Phasenraum $\{x \geq 0\}$ und Parameter (p, q) mit primärem Parameter p und zweitem generischen Entfaltungsparemeter q . Rechts: Skizze für die Variation einer transkritischen Bifurkation für den Phasenraum $\{x \geq 0\}$ und Parameter (p, q) mit primärem Parameter p und zweitem generischen Entfaltungsparemeter q .

Die Arbeitsgruppe „Multiscale and Stochastic Dynamics“ untersucht deshalb konkrete Anwendungsfälle. Zum Beispiel entwickelt sie mit interdisziplinären Teams aus der Physik und den Klimawissenschaften neue Bifurkationstechniken im Rahmen des europäischen Großprojektes „Tipping Points in the Earth System (TiPES)“.

Mit Symmetrie die Quantenfeldtheorie erforschen

Auch die „Simons Collaboration on Global Categorical Symmetries“ bringt Forschende aus Physik und Mathematik zusammen. Claudia Scheimbauer, Professorin für Topologie, ist eine der Hauptforscherinnen dieser neuen Simons Collaboration. Direktor ist Professor Constantin Teleman von der University of California, Berkeley. Die Mitglieder der Kollaboration kommen von verschiedenen Institutionen weltweit. Ihr Ziel ist es, Symmetrie besser zu verstehen und ihr Potenzial umfassend und allgemein zu erschließen – über die Grenzen der Disziplinen hinweg. Denn mit Symmetrie lassen sich physikalische Phänomene ordnen und Naturgesetze verstehen. Der Begriff der Symmetrie hat sich durch Fortschritte in der Mathematik und Physik enorm weiterentwickelt, angetrieben von der Suche nach einem tieferen Verständnis der Quantenfeldtheorie – der universellen Sprache der modernen theoretischen Physik. Diese assoziiert aus moderner Sicht zu jeder Symmetrie einen topologischen „Defekt“, der auf lokale und erweiterte Observablen wirkt. Durch diese Verbindung zur Topologie haben Forschende in jüngster Zeit neue höhere Symmetrie-Begriffe entdeckt, die ein neues Licht auf einige der geheimnisvollsten und tiefgreifendsten Phänomene werfen, die die Quantenfeldtheorie beschreibt.

Unbegrenzte digitale Sensorik

An konkreten Anwendungen im Bereich des Elektroingenieurwesens forscht Felix Kraemer, Professor für Optimierung und Datenanalyse. Denn digitale Sensoren wie Kameras oder Mikrofone können Licht, Schall oder andere Reize jenseits bestimmter physikalischer Grenzen nicht erkennen. So entstehen Sättigungsphänomene wie Überbelichtung bei Fotos.

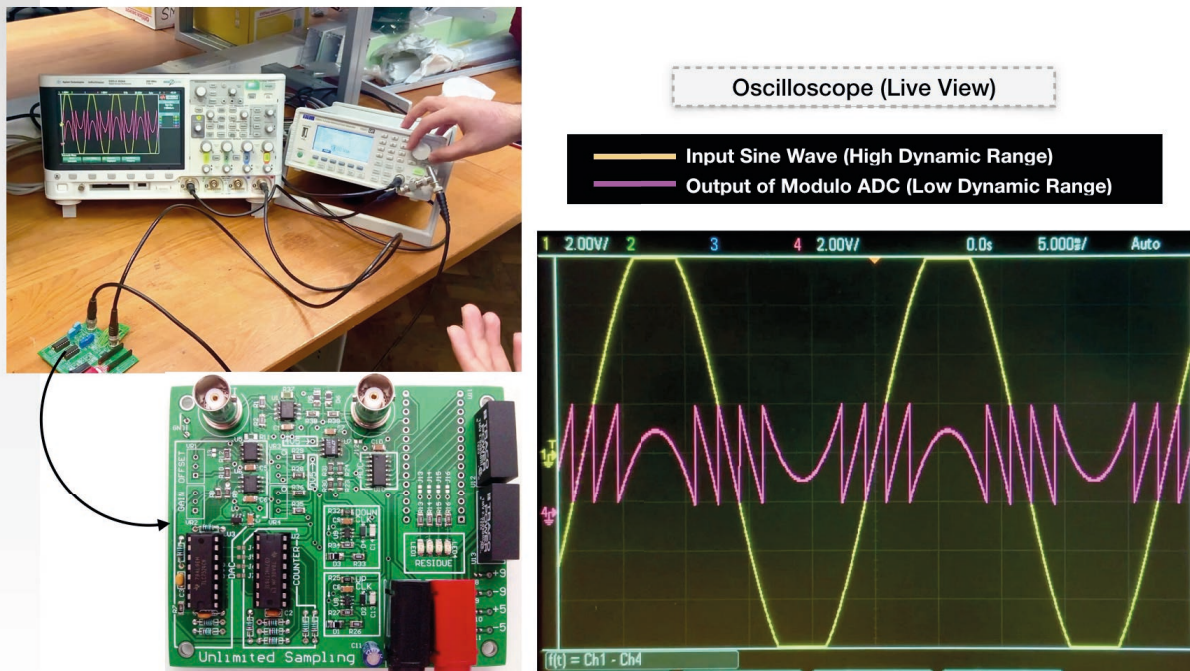


Abbildung 2: © Bhandari et al. Screenshot aus einer Modulo Sampling Demo

Krahmer entwickelte mit Dr. Ayush Bhandari und Thomas Poskitt vom Imperial College London eine Technik, die neue Hardware und Algorithmen kombiniert, um das volle Potenzial digitaler Sensoren auszuschöpfen. Die Forscher experimentierten mit Analog-Digital-Wandlern (ADCs), die sogenannte Modulo-Spannung nutzen, um Signale in digitale Informationen umzuwandeln. Anhand einer Modulo-Funktion reduziert oder erhöht der ADC die gemessenen Eingangswerte, bis sie innerhalb des entsprechenden Dynamikbereichs liegen. Die Wissenschaftler bauten einen Prototyp, der mittels eines Algorithmus den ADC dazu veranlasst, von Spannung auf Modulo umzuschalten, sobald die Schwelle erreicht ist. Damit können Sensoren eine größere Bandbreite an Informationen verarbeiten – für eine verbesserte Präzision und eine größere Reichweite, über die menschliche Wahrnehmung hinaus. Es könnte sogar möglich sein, Signale unbegrenzt zu erfassen. Die Anwendungsfelder reichen von alltäglichen Sensoren über die Medizin, Biotechnik oder Überwachung von Naturkatastrophen bis hin zur Weltraumforschung.

KI identifiziert kranke Zellen

Einen Algorithmus für den biomedizinischen Einsatz hat ein Team um Mohammad Lotfollahi und Professor Fabian Theis von der Technischen Universität München und dem Helmholtz Zentrum München entwickelt. „scArches“, kurz für „Single-Cell Architecture Surgery“, basiert auf künstlicher Intelligenz (KI) und vergleicht die Zellen kranker Personen mit einem Referenzatlas gesunder Zellen. Auf diese Weise können kranke Zellen genau identifiziert werden. Einzelzell-Atlanten werden heute routinemäßig als Referenz für kleinere Studien erstellt. Der weltweit größte und kontinuierlich wachsende ist der Human Cell Atlas. Er enthält Referenzen von Millionen von Zellen aus verschiedenen Geweben, Organen und Entwicklungsstadien. Diese Daten helfen, die Einflüsse von Alterung, Umwelt und Krankheit auf eine Zelle zu verstehen – und Patient*innen besser zu behandeln.



Abbildung 3: © Helmholtz Zentrum München/ Mohammad Lotfollahi. Kartierung neuer Zellkohorten von gesunden Personen und COVID-19-Erkrankten auf einem Referenzatlas für gesunde Zellen (Hellblau: Gesunde Referenzzellen. Blau: Neue Zellen von gesunden Personen. Schwarz: Neue Zellen von COVID-19-Erkrankten mit moderatem Verlauf. Rot: Neue Zellen von schwer an COVID-19 Erkrankten.)

Der neu entwickelte Algorithmus nutzt Transfer-Lernen und Parameter-Optimierung, um Referenzen zu erstellen und neue Datensätze mit bestehenden Referenzen zu vergleichen. Dabei teilt er keine Rohdaten und wahrt damit die Privatsphäre der Patient*innen. Damit können Forschende Referenzatlanten gemeinschaftlich und effektiv zu nutzen.

Publikationen:

- C. Kühn, C. Bick: A universal route to explosive phenomena, *Science Advances* (2021), 7 (16), DOI: 10.1126/sciadv.abe3824
- A. Bhandari, F. Kraemer, T. Poskitt: Unlimited Sampling from Theory to Practice: Fourier-Prony Recovery and Prototype ADC, *IEEE Transactions on Signal Processing* (2021), DOI: 10.1109/TSP.2021.3113497
- M. Lotfollahi, M. Naghipourfar, M.D. Luecken et al. Mapping single-cell data to reference atlases by transfer learning. *Nat Biotechnol* (2021). DOI: 10.1038/s41587-021-01001-7

„Fallstudien der diskreten Optimierung“ und „Fallstudien der nichtlinearen Optimierung

Dr. Florian Lindemann, Dr. Johannes Pfefferer, Dr. Michael Ritter

Theorie und Praxis verbinden. Das war die Idee, die 2009 zur Entwicklung eines neuen Lehrveranstaltungsformats geführt hat: Die Fallstudien der Optimierung. Seit über 10 Jahren werden die Veranstaltungen „Fallstudien der diskreten Optimierung“ und „Fallstudien der nichtlinearen Optimierung“ im Sommersemester angeboten und sind inzwischen fester Bestandteil des Masterstudiengangs „Mathematics in Operations Research“. Und auch aus den anderen Mathematik-Masterstudiengängen sind jedes Jahr viele Teilnehmer*innen dabei.



Florian Lindemann

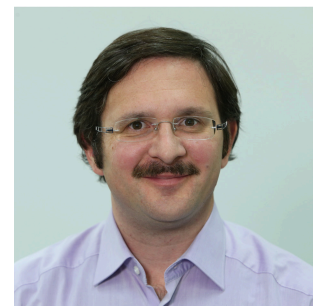
Die Idee der Veranstaltung basiert darauf, dass die Studierenden die Modellierungskonzepte und Algorithmen, welche sie z.B. in Vorlesungen wie „Einführung in die Optimierung“, „Diskrete Optimierung“, „Kombinatorische Optimierung“ und „Nichtlineare Optimierung“ gelernt haben, auf konkrete Projekte aus der Praxis anwenden. Dafür gewinnen wir jedes Jahr Kooperationspartner aus der Industrie & Wirtschaft, die ein konkretes Projekt aus der Praxis anbieten. In kleinen Teams von 3-5 Studierenden gilt es dabei, ein Problem aus der Praxis zu verstehen, zu modellieren, zu analysieren und geeignete Lösungsansätze zu entwickeln und zu implementieren. Je nach Projekt sind dabei auch interdisziplinäre Kenntnisse in gewöhnlichen Differentialgleichungen, partiellen Differentialgleichungen, numerischer Mathematik, Algebra oder Programmierkenntnisse hilfreich.



Johannes Pfefferer

Ablauf der Projekte

Der grobe Ablauf eines Projekts ist dabei wie folgt: Bereits am Ende des Wintersemesters können sich die Studierenden bei einer Infoveranstaltung über die Projekte, die im folgenden Sommersemester angeboten werden, informieren und sich anschließend mit Prioritätenangabe für die Fallstudien bewerben. Anhand der Vorkenntnisse der Studierenden werden dann geeignete Teams zusammengestellt, die mit Start des Sommersemesters loslegen:



Michael Ritter

Die Teams lernen sich erst einmal kennen und auch ein erstes Projekttreffen mit der Kooperationsfirma steht an. Dann gilt es, zügig einen Projekt- und Zeitplan zu entwickeln und sich in die Thematik einzuarbeiten. Bereits nach kurzer Zeit sollen die Teams dann ein Poster erstellen, wo sie ihr Projekt und dessen Herausforderungen darstellen. Dann startet die intensive Phase der Projektarbeit und bis zum Ende des Semesters wird unter Betreuung von Universitäts- und Firmenseite am Projekt gearbeitet. Nach etwas mehr als der Hälfte des Semesters präsentieren die Teams sich gegenseitig die bisherigen Zwischenergebnisse und in der letzten Vorlesungswoche werden die Ergebnisse dann auf einem gemeinsamen Abschlussworkshop vorgestellt, an dem häufig auch die Projektpartner teilnehmen.



Abbildung 1: Präsentation der Ergebnisse der Fallstudien (c) TUM

Projekte und Kooperationen

Im letzten Jahrzehnt gab es eine Vielzahl an Projekten in sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen. Die ersten Projekte der „Fallstudien der Optimierung“ ab 2011 waren noch ohne Firmenkooperationspartner, aber dennoch schon sehr praxisnah. Es gab beispielsweise Projekte im Bereich der Designoptimierung von Stützpfählern einer Seilbahn und im Halbleiterdesign, wo die richtige Anordnung von Verbindungen für eine geringere Abwärme sorgt. Auch die Ampelschaltungen eines Straßenabschnitts des Mittleren Rings in München wurden bereits auf Basis von realen Verkehrsdaten des Kreisverwaltungsreferats optimiert. Viele Projekte der Folgejahre waren im Bereich der Bildverarbeitung angesiedelt. Hier wurden beispielsweise Problemstellungen betrachtet, die der Bild- oder Videorekonstruktion, dem Deblurring, der Stereo Vision oder dem Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) zugeordnet werden können. Aber auch Motion Interpolation und Objekterkennung standen bereits im Fokus von Fallstudien. Es gab zudem Projekte, die sich ganz konkret mit möglichen Fragestellungen von Eigenheimbesitzern beschäftigt haben. So wurde z.B. die Beheizungsstrategie von Warmwassertanks in Privathäusern oder die wetterberichtsabhängige Stromspeisungsprognose von Photovoltaikanlagen optimiert.

In der Logistik wurden Transportpläne für die Waldbewirtschaftung optimiert, die Studierenden entwickelten eine Software, die Touristen bei der Planung ihrer Sightseeing-Route hilft, Flugpläne wurden in Zusammenarbeit mit einem großen Flughafenbetreiber verbessert, die optimale Planung von Schulbusrouten wurde untersucht und die Teilnehmerinnen und Teilnehmer entwickelten Konzepte für die Verteilung von Car-Sharing-Autos oder Bike-Sharing-Fahrrädern.

Ein großes Thema war auch immer wieder die optimale Steuerung – ob bei Großbaggern im Bergbau, Roboterarmen, Quadcoptern, auf dem Saturn landenden Drohnen oder selbstfahrenden Autos. In der Netzwerkoptimierung berechneten die Studierenden optimale Ausbaupläne für das Stromnetz in Deutschland und optimierten die Platzierung von Ladestationen für Elektroautos. Im Scheduling-Bereich kümmerten sie sich um eine möglichst effiziente und dennoch sichere Belegungsplanung für Operationssäle, planten die optimale Produktionsfolge



Abbildung 2: Präsentation der Ergebnisse der Fallstudien (c) Wolfgang Riedl

einer Molkerei und optimierten die Planung von Baustellen so, dass der Straßenverkehr möglichst wenig beeinträchtigt wird.

Und natürlich der Finanzsektor: Modellkalibrierung in der Finanzmathematik und mehrfach die klassische Portfoliooptimierung mit verschiedensten Schwerpunkten. Auch ein paar exotischere Aufgabenstellungen wurden bereits betrachtet, die sich dennoch problemlos in das breite Spektrum an möglichen Aufgabenstellungen der Fallstudien einfügen ließen, wie z.B. die Geräuschreduzierung bei Hydraulikpumpen, optimales Design von Getrieben, Identifikation von Cyberangriffen, Kontrollstrategien gegen Schwarzfahrer, chemische Reaktionsprozesse, Stundenplanung für eine Förderschule oder im letzten Jahr die Berechnung von optimalen Impfstrategien bei Covid-19.

Die tollen Projekte sind auch den tollen Kooperationspartnern zu verdanken, die in den letzten Jahren dabei waren, wie z.B. Audi, BMW, car2go, Deutsche Bahn, DLR, Flixbus, Framos, HAWE Hydraulik, iABG, IAV, Logivations, Risklab GmbH, Siemens, das World Food Programme und immer wieder auch Forschungsinstitute aus anderen Fakultäten der TUM. Wir freuen uns über dieses breite Spektrum an Kooperationen mit der Praxis. Einige Studierende haben später sogar einen Arbeitsplatz bei den jeweiligen Firmen gefunden, da sie im Rahmen der Fallstudien bereits die Möglichkeit hatten, sich sowohl persönlich als auch fachlich vorzustellen.

Lust auf mehr?

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Am Ende eines jeden Sommersemesters findet der gemeinsame Abschlussworkshop der Fallstudien der Optimierung statt. Auf diesem präsentieren die Studierendenteams ihre Ergebnisse der Projektarbeit. Dieser ist für die Öffentlichkeit in der Regel offen (außer es gibt Corona-bedingte Einschränkungen) und wir würden uns freuen, wenn wir die Leserin oder den Leser dieses Artikels vielleicht mal in diesem Rahmen treffen würden.

Oder haben Sie ein Projekt aus der Praxis, das sich für eine Kooperation mit der TUM im Rahmen eines Fallstudienprojekts eignen könnte? Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.